

การทดลองที่ 2

อุปกรณ์การตรวจวัดความดัน (Pressure Sensor)

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ และวัดความดัน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ให้สัญญาณเอาต์พุตเมื่อมีแรงดันเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 2.1. แผงทดลองแบบท่อบูร์ดอง
- 2.2. แผงทดลองแบบไดอะแฟรม
- 2.3. แผงทดลองชุดกำเนิดความดันด้วยมือ

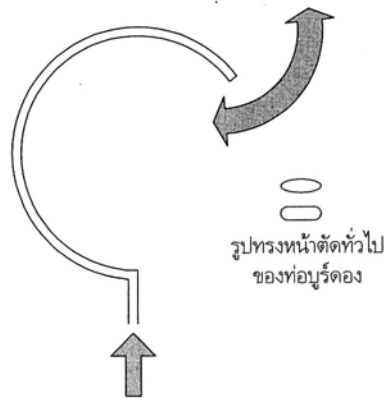
3. ทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้น

ในงานด้านอุตสาหกรรม ความดัน (Pressure) เป็นตัวแปรหนึ่งที่ต้องมีการตรวจสอบและควบคุม เพื่อให้การทำงานในกระบวนการผลิตทำงานได้อย่างถูกต้องและได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามที่กำหนด โดยที่แบบท่อบูร์ดอง เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดและแสดงค่าของความดัน โดยใช้ความดันเป็นส่วนที่ทำให้ท่อรับความดันยืดออกตามค่าของความดันที่ได้รับ และนำส่วนที่มีการเคลื่อนไหวนี้มาแสดงค่าของความดัน

ส่วนแบบไดอะแฟรมเป็นส่วนรับความดันที่สามารถรับความดันได้ค่อนข้างสูง จึงเหมาะกับงานระบบที่มีความดันสูงๆ

3.1. เกจความดันแบบท่อบูร์ดอง (Bourdon tube pressure gauge)

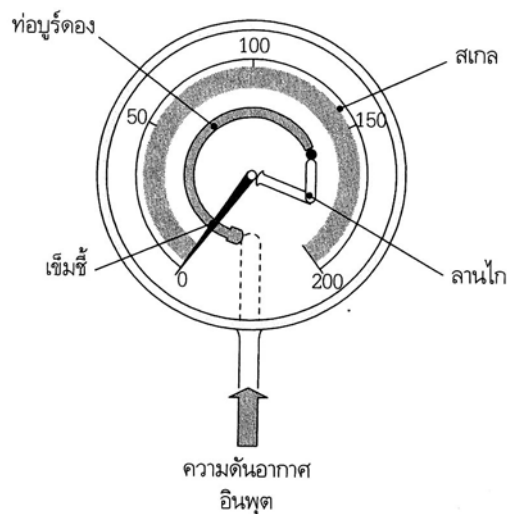
เกจความดันแบบท่อบูร์ดอง ถูกตั้งชื่อตาม “Eugene Bourdon” ผู้คิดค้นเซนเซอร์ชนิดนี้ ซึ่งต่อมาภายหลังได้กลายมาเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดความดันชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ส่วนของท่อจะทำมาจากวัสดุจำพวกโลหะผสม เช่น เหล็กสแตนเลส หรือ ทองเหลือง เป็นต้น ลักษณะเป็นท่อที่มีรูปทรงหน้าตัดเป็นวงรีหรือเป็นวงไข่ โดยปลายท่อด้านหนึ่งของท่อจะถูกปิดไว้ รูปแบบของท่อมีหลากหลายลักษณะ เช่น ขดเป็นวงก้นหอย ขดเป็นวง และ ขดเป็นเกลียว ดังตัวอย่างในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ท่อนำไฟฟ้ารูปตัว C

ณ ความดันบรรยากาศ หากทำการเพิ่มความดันอากาศเข้าไปในท่อที่เปิดอยู่ จะทำให้ท่อนำไฟฟ้ามีการยืดตัวขึ้น มีค่าเป็นสัดส่วนกับความดันที่เพิ่มขึ้นเข้าไป โดยความดันอากาศภายนอกท่อก็ยังคงเป็นความดันบรรยากาศอยู่ และเมื่อความดันอากาศในท่อลดลง ท่อจะค่อยๆ กลับคืนสู่สภาพเดิม ณ ที่ความดันบรรยากาศ ระยะขจัดในการยืดตัวของท่อนำไฟฟ้านี้ ยังขึ้นกับปัจจัยสำคัญอีกหลายประการ เช่น ชนิดของวัสดุที่ใช้ รูปทรง ความหนา และความยาวของท่อ อย่างไรก็ตามพบว่าท่อนำไฟฟ้าจะให้สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงระยะขจัดต่อแรงกระทำอันเนื่องมาจากความดันอากาศมากกว่า เมื่อเทียบกับเซนเซอร์ตรวจวัดความดันแบบชนิดอื่น

โครงสร้างของเกจความดันแบบท่อนำไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 2 ประกอบด้วยท่อนำไฟฟ้ายึดติดอยู่กับเข็มชี้แสดงผลบนสเกลหน้าปัด เมื่อมีการป้อนความดันเข้าไปเป็นผลให้ท่อนำไฟฟ้าภายในเกจมีการยืดตัวเกิดการเปลี่ยนแปลงระยะขจัดขึ้น แต่ทั่วไประยะขจัดที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็ก ดังนั้น ในส่วนเชื่อมต่อจากท่อนำไฟฟ้าไปยังเข็มชี้จึงจำเป็นต้องต่อ กระเดื่อง เฟืองทด หรือ ลานไก เพิ่มเข้าไป เพื่อช่วยขยายระยะขจัดให้มากขึ้น เพื่อให้การแสดงผลชัดเจนและการอ่านค่าทำได้ง่ายขึ้น

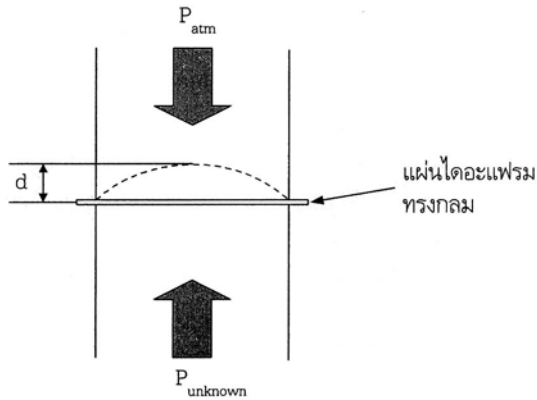


รูปที่ 2 เกจความดันแบบท่อบูร์ดอง

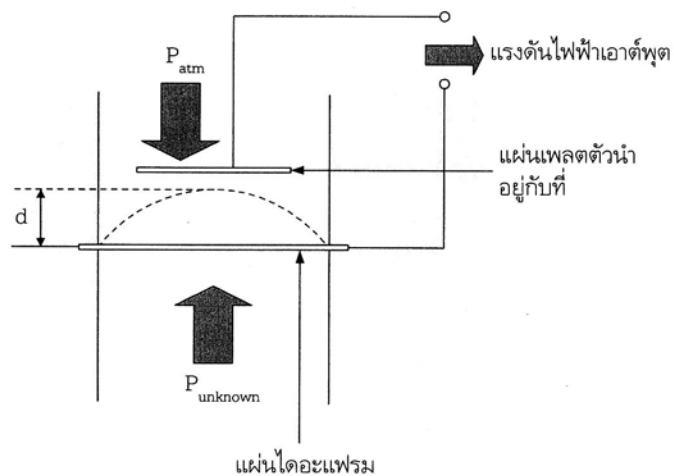
ในการนำเอาท่อบูร์ดองใช้ประยุกต์งานบางประเภท อาจจำเป็นต้องมีการชดเชยผลของอุณหภูมิขณะปฏิบัติงานด้วย ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่างกันจะส่งผลต่อความแม่นยำในการวัด นอกจากนี้ยังสามารถนำเอาท่อบูร์ดองไปใช้ในงานตรวจวัดและควบคุมระยะไกลได้อีกด้วย โดยระยะขจัดเอาต์พุตที่เกิดจากการตรวจวัดค่าความดันโดยใช้ท่อบูร์ดองนี้สามารถตรวจสอบได้โดยเลือกใช้เซนเซอร์ตรวจวัดระยะขจัดที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถทำการส่งผ่านสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ไปยังชุดแสดงผล หรือ ส่วนควบคุมที่อยู่ในระยะไกลออกไป

3.2. เซนเซอร์ตรวจวัดความดันแบบไดอะแฟรม

แผ่นไดอะแฟรมมีลักษณะเป็นแผ่นเพลตทรงกลมบางทำจากโลหะผสม เช่น เหล็กสแตนเลส หรือทองเหลืองยึดติดไว้ภายในท่อทรงกระบอก ดังรูปที่ 3 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดความดันแบบผลต่าง เพราะต้องอ้างอิงกับความดันบรรยากาศ ระยะขจัด d ในการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม อันเกิดจากความดันที่ไม่ทราบค่า $P_{unknown}$ มีค่าขึ้นอยู่กับขนาด รูปแบบ ความหนา และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแผ่นไดอะแฟรม ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ทำการวัดกับระยะขจัดที่เกิดขึ้นแปรผันไปตามลักษณะการออกแบบแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งปกติแล้วพบว่า ระยะขจัด d ที่ได้จากแผ่นไดอะแฟรมนี้จะมีขนาดเล็ก ทัวไปมีค่าเป็นเศษส่วนของมิลลิเมตรเท่านั้น



รูปที่ 3 แผ่นไดอะแฟรม



รูปที่ 4 การต่อแผ่นไดอะแฟรมขนานกับแผ่นเพลตตัวนำ เพื่อใช้งานเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า

หากนำแผ่นเพลตตัวนำอีกแผ่นหนึ่งมาต่อขนานกับแผ่นโลหะไดอะแฟรม ดังรูปที่ 4 ก็จะได้คุณสมบัติของตัวเก็บประจุทางไฟฟ้า ที่มีอากาศเป็นไดอิเล็กทริก สำหรับลักษณะของการแปรค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากตัวเก็บประจุแบบนี้ จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำกับแผ่นไดอะแฟรม (d) เป็นตัวแปรค่าความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งระยะห่าง d ที่เปลี่ยนไป เกิดจากระยะขจัดของแผ่นไดอะแฟรมที่เปลี่ยนไป เนื่องจากผลของความดันอากาศที่มากกระทำ โดยอาศัยคุณสมบัติค่าความจุไฟฟ้า C ของตัวเก็บประจุที่จะแปรค่าเป็นส่วนกลับของระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตตัวนำทั้งสอง หรือ เขียนได้ว่า

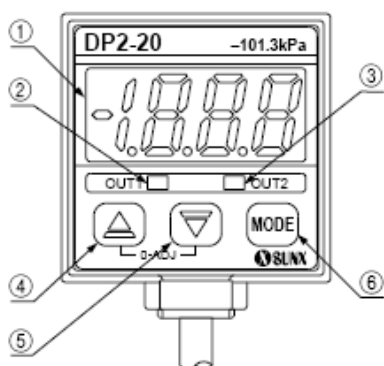
$$C \propto \frac{1}{d} \quad (1)$$

นั่นคือ สัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตที่ต่อระหว่างแผ่นเพลตตัวนำทั้งสองของตัวเก็บประจุ มีค่าแปรผันไปตามระยะห่าง d หรือมีค่าแปรผันไปตามความดันอากาศที่กำลังตรวจวัดอยู่ ดังนั้นเมื่อสัญญาณเอาต์พุตออกมาอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าแล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะนำเอาไปปรับแต่งและปรับเทียบให้แสดงผลในเทอมของความดัน

ในการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์วัดความดันชนิดนี้ นิยมใช้ในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของความดันที่มีขนาดต่ำๆ เช่น การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลในท่อส่งก๊าซ หรือ ท่อส่งน้ำ เป็นต้น

3.3. การใช้งานอุปกรณ์วัดความดันแบบไดอะแฟรม

อุปกรณ์วัดความดันแบบไดอะแฟรม ของ SUNX รุ่น DP2-20 สามารถที่จะแสดงผลของค่าความดันที่วัดออกมาได้ ในรูปแบบของตัวเลข ซึ่งเป็นการทำงานด้วยระบบดิจิทัล ตลอดจนถึงการใช้งานเพื่อปรับตั้งค่าต่างๆ ที่สามารถทำได้ด้วยการกดปุ่ม ดังนั้นก่อนการใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบถึงวิธีการใช้งาน หรือการตั้งค่าต่างๆ ก่อน



	Description	Function
①	3 1/2 digit LED display (Red)	Displays measured pressure, settings, error messages and key-protect status.
②	Comparative Output 1 operation indicator (Orange)	Lights up when Comparative Output 1 is ON.
③	Comparative Output 2 operation indicator (Green)	Lights up when Comparative Output 2 is ON.
④	Increment key (▲)	- In the initial setting mode, pressing the key changes the settable digit. - In the Set Value 1, 2 modes, pressing the key changes the set value to the high pressure side in case of positive pressure type sensor and to the high vacuum side in case of vacuum pressure type sensor. - In the sensing mode, if the key is pressed continuously for 4 sec. or more, the display shows peak hold value.
⑤	Decrement key (▼)	- In the initial setting mode, pressing the key changes the set conditions. - In the Set Value 1, 2 modes, pressing the key changes the set value to the low pressure side in case of positive pressure type sensor and to the low vacuum side in case of vacuum pressure type sensor. - In the sensing mode, if the key is pressed continuously for 4 sec. or more, the display shows bottom hold value.
⑥	Mode selection key (MODE)	- Each press of the key changes the selected mode to sensing mode, Set Value 1 (P1) set mode and Set Value 2 (P2) set mode. - In the sensing mode, if the key is pressed continuously for about 3 sec., key-protect can be set/released. - In the sensing mode, if the mode selection key is pressed while pressing the increment key (▲), the initial setting mode is obtained.

In the sensing mode, if both the keys are pressed simultaneously, zero-point adjustment is done.

หลังจากต่ออุปกรณ์วัดความดันเข้ากับระบบที่ต้องการวัดแล้ว ในสถานะแรกขณะที่ยังไม่มีแรงดันภายในระบบ เมื่อมีการป้อนไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ ก็จะเห็นตัวเลขแสดงค่าความดันในขณะนั้น ที่ความดันบรรยากาศจะมีค่าความดันเป็น 1.0 ถ้าต้องการให้แสดงค่าเป็นศูนย์ที่ความดัน ณ จุดนี้ สามารถทำได้โดยการกดปุ่มสำหรับกำหนดจุดเริ่มต้นให้เป็นศูนย์ (Zero Point Adjuster) หมายความว่า สามารถที่จะตั้งค่าตำแหน่งเริ่มต้นที่ค่าความดันใดๆ ได้ นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์สามารถที่จะให้มีการส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเมื่อความดันอยู่ในช่วงความดันที่กำหนด ซึ่งมีการทำงานของสัญญาณเอาต์พุต ดังต่อไปนี้



① Zero-point adjustment

- The displayed pressure when the pressure port is left open is adjusted to zero.



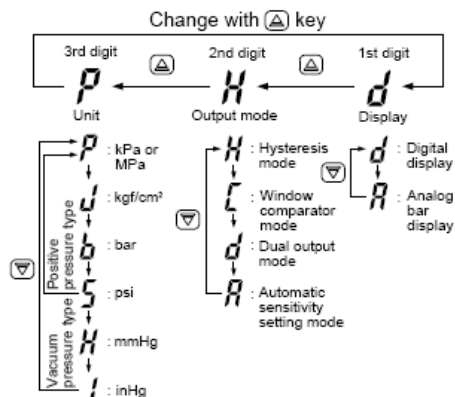
- The sensor will automatically enter the sensing mode when power is supplied.
- Let the pressure port be at atmospheric pressure (i.e., no applied pressure condition), and press, simultaneously, the increment and decrement keys continuously.
- 000 is displayed and, when the fingers are released, zero-point adjustment is completed and the sensor returns to the sensing mode.

② Initial setting

- Pressure 'Unit', 'Display' and 'Output mode' of the comparative outputs are set.



- In the sensing mode, press HOLD key while pressing Δ key.
 - Initial setting is displayed.
 - If sensor is being used for the first time, PHd is displayed.
- The settable digit blinks.
- The settable digit changes when Δ key is pressed and the setting is changed when ∇ key is pressed.



③ Pressure value setting

For the case when output mode is set to either hysteresis mode (H), window comparator mode (L) or dual output mode (d).

- 'Set Value 1 (P1)' and 'Set Value 2 (P2)' of the comparative outputs are set.



- Press HOLD key in the sensing mode to set to Set Value 1 (P1) set mode.
- Enter Set Value 1 (P1) using Δ key and ∇ key.
- Then, press HOLD key to set to Set Value 2 (P2) set mode.
- Enter Set Value 2 (P2) using Δ key and ∇ key.
- Then, press HOLD key to set to sensing mode.

For the case when output mode is set to automatic sensitivity setting mode (R).

- 'Set Value 1 (P1)', 'Set Value 2 (P2)' and 'Set Value 3 (P3)' of the comparative outputs are set.



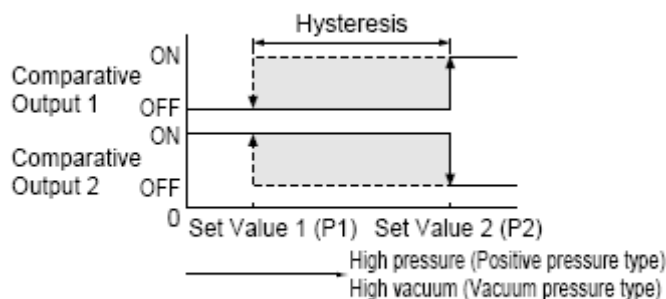
- Press HOLD key in the sensing mode to set to Set Value 1 (P1) set mode.
- Within the required permissible pressure range, having created a pressure state which is nearest to the atmospheric pressure, press ∇ key to enter Set Value 1 (P1).
- Then, press HOLD key to set to Set Value 2 (P2) set mode.
- Within the required permissible pressure range, having created a pressure state which is nearest to the high pressure end (for a positive pressure type sensor) or the high vacuum end (for a vacuum pressure type sensor), press Δ key to enter Set Value 2 (P2).
- Then, press HOLD key to set to Set Value 3 (P3) set mode.
- Check Set Value 3 (P3) which has been set automatically. When Set Value 3 (P3) is to be changed, enter Set Value 3 (P3) using Δ key and ∇ key.
- After checking and setting, press HOLD key to set to sensing mode.

The automatically set Set Value 3 (P3) can be manually changed to a value between Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2).

จะพบว่ามีตัวแปรที่เกี่ยวข้องอยู่ด้วย 2 ตัวแปร นั่นคือ P1 และ P2 โดยที่ P1 และ P2 มีความสัมพันธ์กันตามโหมดของการควบคุม ดังนี้ คือ

กรณีที่ 1 การทำงานในโหมดฮิสเตอร์รีซิส (Hysteresis Mode)

1 Hysteresis mode

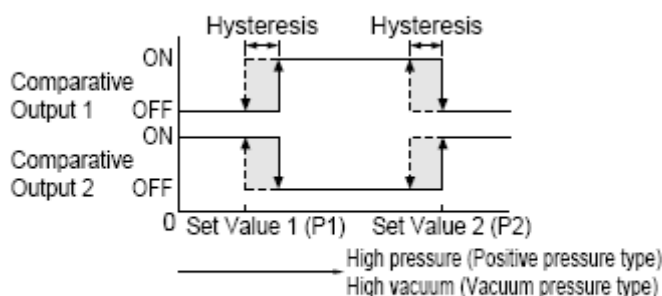


The common hysteresis of the comparative outputs can be set, as desired, with the set values.

โหมดการทำงานของฮิสเตอร์รีซิสนี้ จะให้สัญญาณ ON ที่เอาต์พุตก็ต่อเมื่อค่าความดันมีค่าสูงกว่า หรือเท่ากับตัวแปร P1 และในขณะที่ค่าของความดันเริ่มลดลงต่ำกว่าค่าของตัวแปร P1 สัญญาณเอาต์พุตจะยังคงค้างสถานะ ON อยู่จะไม่ OFF ในทันที แต่จะ OFF เมื่อค่าของความดันลดลงต่ำกว่าค่าของตัวแปร P2 ลักษณะการทำงานเช่นนี้ เรียกว่า ฮิสเตอร์รีซิส

กรณีที่ 2 การทำงานในโหมด Window Comparator ซึ่งมีการทำงานดังนี้

2 Window comparator mode



The comparative outputs can be turned ON or OFF by a pressure which is within the pressure range set by Set Value 1 and Set Value 2.

การทำงานของเอาต์พุตในโหมดนี้ จะให้เอาต์พุตมีสถานะ ON ก็ต่อเมื่อค่าของความดันที่วัดอยู่ขณะนั้นมีค่าอยู่ระหว่างตัวแปร P1 และ P2 $[P1 \leq \text{ค่าที่ทำการวัด} \leq P2]$ และในช่วงความดันอื่นๆ จะให้เอาต์พุต OFF

4. ขั้นตอนการปฏิบัติการตรวจสอบจับความดัน

ตอนที่ 1 การทดลองวัดความดันด้วยท่อบูร์ดอง

1. ติดตั้งแผงทดลองแบบท่อบูร์ดองและชุดกำเนิดความดันด้วยมือ
2. ต่อท่อลมระหว่างท่อบูร์ดองและชุดกำเนิดความดันด้วยมือ โดยใช้ Seal Tape พันที่เกลียวข้อต่อ และขันให้แน่นเพื่อกันลมรั่วออก
3. เปิดวาล์วเพื่อระบายความดันที่อยู่ภายในออก จากนั้นก็ขันกลับเข้าไปให้แน่น เพื่อกันลมออก
4. ทดลองปั๊มตัวกำเนิดความดัน แล้วสังเกตค่าที่ผ่านได้บนสเกลหน้าปัดของอุปกรณ์วัดความดันแบบท่อบูร์ดอง

ปั๊มความดันครั้งที่	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ค่าที่อ่านได้จากสเกลของ เครื่องวัดความดันแบบท่อ บูร์ดอง										

สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

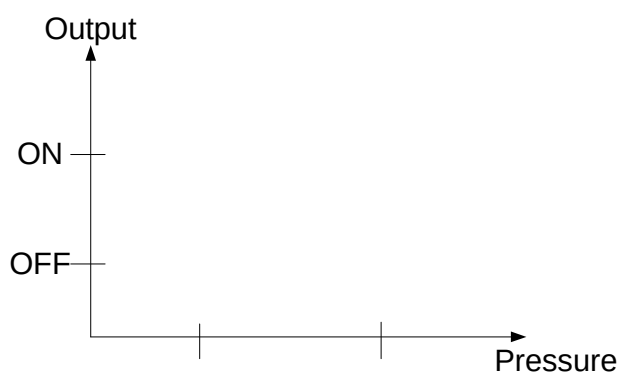
ตอนที่ 2 การทดลองอุปกรณ์ตรวจสอบจับความดันแบบไดอะแฟรม

1. ติดตั้งแผงทดลองแบบไดอะแฟรม
2. ต่อท่อลมระหว่างเครื่องวัดความดันแบบแผ่นไดอะแฟรม และชุดกำเนิดความดันด้วยมือ
3. ต่อวงจรไฟฟ้าดังรูป

4. เปิดวาล์วเพื่อระบายความดันที่อยู่ภายในออก จากนั้นก็ขันกลับเข้าไปให้แน่นเพื่อกันลมออก
5. กดปุ่มสวิตช์สำหรับกำหนดจุดเริ่มต้นให้เป็นศูนย์ เพื่อกำหนดให้สภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะเริ่มต้น
6. ทดลองปั๊มตัวกำเนิดความดัน แล้วสังเกตค่าที่อ่านได้บนแผงไดอะแฟรม พร้อมบันทึกค่าลงในตาราง

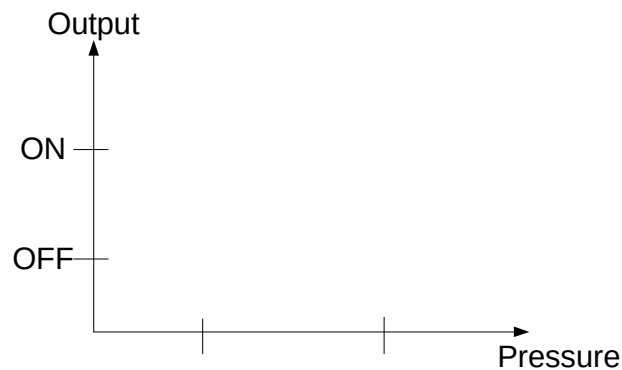
ปั๊มความดันครั้งที่	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
ค่าที่อ่านได้จากแผงไดอะแฟรม										

7. เปิดวาล์วเพื่อปล่อยความดันที่อยู่ภายในออก จากนั้นก็ขันกลับเข้าไปให้แน่นเพื่อกันลมออก
8. ตั้งการทำงานของเอาต์พุตให้มีการทำงานในโหมดฮิสเตอร์รีซิส (H) โดยให้ตัวแปร P1 มีค่าเป็น 0.2 และ P2 มีค่าเป็น 0.5 (หน่วย MPa)
9. ทดลองปั๊มลมเข้าเพื่อดูการทำงานของเอาต์พุตแบบฮิสเตอร์รีซิส โดยการปั๊มค่าความดันให้มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดให้กับตัวแปร P2 จากนั้นค่อยๆ เปิดวาล์วเพื่อระบบลมออกทีละน้อย สังเกตการณ์ ON และ OFF ของเอาต์พุตพร้อมกับเขียนรูปแสดงการทำงานของเอาต์พุต (ไฟสีแดงของ Output1)



10. เปิดวาล์วเพื่อปล่อยความดันที่อยู่ภายในออก แล้วปิดวาล์วให้แน่น
11. ตั้งโหมดการทำงานของเอาต์พุตให้มีการทำงานในโหมด Window Comparator โดยกำหนดตัวแปร P1 มีค่าเป็น 0.2 และ P2 มีค่าเป็น 0.5 (หน่วย MPa)

12. ทดลองป้อนค่าเข้าเพื่อการทำงานของเอาต์พุตแบบ Window Comparator โดยการป้อนค่าความดันให้มีค่าสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนค่าความดันสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ให้กับตัวแปร P2 แล้วค่อยๆ เปิดวาล์วลมออก เพื่อให้ความดันค่อยๆ ลดลง สังเกตสภาวะการ ON และ OFF ของเอาต์พุต ทั้งขณะที่ป้อนลมเพื่อเพิ่มความดัน และปล่อยลมออกเพื่อลดความดัน สังเกตค่าของความดันบนแผงไดอะแฟรมในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง ON และ OFF แล้วนำผลที่ได้มาเขียนเป็นกราฟ เพื่อแสดงการทำงานของเอาต์พุต



วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2

1. จงอธิบายถึงความแตกต่างของเอาต์พุตที่มีการทำงานในโหมดฮิสเตอร์ซิสและโหมด Window Comparator

.....

.....

.....

.....

.....

2. ประยุกต์การใช้งานไดอะแฟรมในงานอุตสาหกรรมมา 1 ตัวอย่าง พร้อมอธิบายถึงโหมดการทำงานที่ใช้

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....